

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1932

THÈSE

N° 86

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Edmond LEFEBVRE

ANCIEN EXTERNE DES HÔPITAUX

Né à Amiens, le 16 Juin 1901

Tetraéthyle de Plomb et Atmosphère des Villes

Président de Thèse : M. le Professeur J. TANON

LES PRESSES MODERNES

45, Rue de Maubeuge, 45

PARIS

1932

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1932

THÈSE

N° —

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Edmond LEFEBVRE

ANCIEN EXTERNE DES HÔPITAUX

Né à Amiens, le 16 Juin 1901

Tetraéthyle de Plomb et Atmosphère des Villes

Président de Thèse : M. le Professeur J. TANON

LES PRESSES MODERNES

45, Rue de Maubeuge, 45

PARIS

—
1932

A MES PARENTS

A MA FEMME

A MES AMIS

A NOTRE PRÉSIDENT DE THÈSE

M. le Professeur TANON

Professeur d'Hygiène à la Faculté de Médecine de Paris
Médecin chef des Services techniques d'Hygiène
à la Préfecture de Police
Membre du Conseil supérieur d'Hygiène

Nous le prions d'agréer nos remerciements pour l'honneur qu'il nous fait en acceptant la présidence de notre thèse.

A M. le Professeur BORDAS

Professeur au Collège de France
Professeur à l'Institut d'Hydrologie et de Climatologie
Membre du Conseil supérieur d'hygiène de France

Avec nos remerciements pour les précieux conseils qu'il nous a prodigués et l'aide bienveillante qu'il a apportée à ce travail.

LE DOYEN : M. BALTHAZARD.

I. — PROFESSEURS

	MM.
Anatomie	ROUVIÈRE.
Anatomie médico-chirurgicale et chirurgie expérimentale	GRÉGOIRE.
Physiologie	BINET.
Physique médicale.	STROHL.
Chimie médicale.	DESGREZ.
Bactériologie	LEMIERRE.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutique générales	BAUDOUIN.
Pathologie médicale	CLERC.
Pathologie chirurgicale	LENORMANT.
Anatomie pathologique	ROUSSY.
Histologie.	CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale.	TIFFENEAU.
Thérapeutique	LOEPER
Hygiène et médecine préventive.	TANON.
Médecine légale	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	LAIGNEL-LAVASTINE.
Pathologie expérimentale et comparée.	FIESSINGER.
Hydrologie thérapeutique et climatologie	Maurice VILLARET.
Clinique médicale.	CARNOT.
	BEZANÇON.
	ACHARD.
	Marcel LABBE.
Hygiène et clinique de la première enfance	LEREBOULLET.
Clinique des maladies des enfants.	NOBÉCOURT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale.	H. CLAUDE.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GOUGEROT.
Clinique des maladies du système nerveux.	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses.	TEISSIER.
	DELBET.
Clinique chirurgicale.	CUNÉO.
	LEJARS.
	GOSSET.
Clinique ophtalmologique	TERRIEN.
Clinique urologique	LEGUEU.
	COUVELAIRE.
Clinique d'accouchements.	BRINDEAU.
	JEANNIN.
Clinique gynécologique	J.-L. FAURE.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie.	OMBRÉDANNE.
Clinique thérapeutique médicale	RATHERY.
Clinique oto-rhino-laryngologique	LEMAITRE.
Clinique thérapeutique chirurgicale.	Pierre DUVAL.
Clinique propédeutique	SERGENT.
Clinique de la tuberculose	Léon BERNARD.
	MAUCLAIRE.
Professeurs sans chaire	MULON.

II. — AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.

ALAJOUANINE . Neurologie et Psychiâtrie.
 AUBERTIN . . . Pathologie médicale.
 BÉNARD (Henri) . Pathologie médicale.
 BROCC Pathologie chirurgicale.
 BRULÉ Pathologie médicale.
 BUSQUET . . . Pharmacologie.
 CADENAT . . . Pathologie chirurgicale.
 CATHALA . . . Pathologie médicale.
 CHABROL . . . Pathologie médicale.
 CHAILLEY-BERT . . Physiologie.
 CHEVALLIER . Pathologie médicale.
 DOGNON . . . Physique.
 DONZELOT . . Pathologie médicale.
 ÉCALLE Obstétrique.
 FEY Urologie.
 GASTINEL . . . Bactériologie.
 GATELLIER . . Pathologie chirurgicale.
 DE GAUDART D'ALLAINES . Pathologie
 chirurgicale.
 GIROUD Histologie.
 HARVIER . . . Pathologie médicale.
 HAZARD Pharmacologie.
 HOVELACQUE . Anatomie.
 HUGUENIN . . Anatomie pathologique,
 HUTINEL . . . Pathologie médicale.
 JOANNON . . . Hygiène.

MM.

LABBÉ (Henri) . Chimie biologique.
 LAROCHE (Guy) Pathologie médicale.
 LEVEUF Pathologie chirurgicale.
 LÉVY-VALENSI . Neuro-psychiâtrie.
 LIAN Pathologie médicale.
 MILLOT Histologie.
 MONDOR . . . Pathologie chirurgicale.
 MOREAU Pathologie médicale.
 MOULONGUET . Pathologie chirurgicale.
 MOURE Pathologie chirurgicale.
 OBERLING . . . Anatomie pathologique.
 OLIVIER Anatomie.
 PIÉDELIÈVRE . Médecine légale.
 PORTES Obstétrique.
 QUÉNU Pathologie chirurgicale.
 RICHET Physiologie.
 SANNIÉ Chimie biologique.
 SÉZARY Dermatologie et syphili-
 graphie.
 VALLERY-RADOT (Pasteur) . Pathologie
 médicale.
 VAUDESCAL . . Obstétrique.
 VELTER Ophtalmologie.
 VERNE Histologie.
 VIGNES Obstétrique.

III. — AGRÉGÉS RAPPELÉS A L'EXERCICE

pour le service des examens

MM.

GUÉNIOT . . . Obstétrique.
 LEQUEUX . . . Obstétrique.
 LEROUX . . . Anatomie pathologique.

MM.

NEVEU-LEMAIRE . . Parasitologie.
 RETTERER . . . Histologie.
 ZIMMERN . . . Physique.

IV. — AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

A TITRE PERMANENT

MM.		MM.	
ABRAMI. . . .	Clinique médicale.	MATHIEU . . .	Clinique chirurgicale.
CHIRAY. . . .	Clinique médicale.	MOCQUOT. . .	Clinique chirurgicale.
DEBRE	Clinique médicale.	PROUST. . . .	Clinique chirurgicale.
DUVOIR. . . .	Clinique médicale.	SCHWARTZ . .	Clinique chirurgicale.
BASSET. . . .	Clinique chirurgicale.	LE LORIER . .	Clinique chirurgicale.
CHEVASSU . .	Clinique chirurgicale.	LÉVY-SOLAL .	Clinique obstétricale.
HEITZ-BOYER.	Clinique chirurgicale.	METZGER. . .	Clinique obstétricale.

V. — CHARGÉS DE COURS

MM. MAUCLAIRE, professeur sans chaire	} Chargé du Cours de chirurgie orthopé- dique chez l'adulte pour les accidentés du travail, les mutilés de guerre et les infirmes adultes.	
FREY		Stomatologie.
CHAILLEY-BERT, agrégé. .		Éducation physique.
LEDOUX-LEBARD		Radiologie clinique.
WEIL-HALLÉ		Puériculture.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, les hygiénistes de plusieurs pays ont attiré l'attention sur les dangers que comportait pour la santé publique l'emploi dans l'industrie d'une substance à base de plomb : le tetraéthyle de plomb, destinée à être ajoutée à l'essence pour supprimer certains des inconvénients des moteurs utilisant l'essence ordinaire, à savoir : les phénomènes de la détonation et du cognage.

Avec ce produit, il fallait donc compter sur un nouveau dérivé industriel du plomb et ce fait n'était pas pour rassurer ceux qui ont pris pour tâche de lutter contre les méfaits du saturnisme.

On compte en effet plus de 170 industries où le plomb est manipulé et risque de compromettre à tout instant la santé des ouvriers.

De plus, il se trouvait que ce nouveau venu parmi les corps ayant une forte teneur en plomb était une substance hautement toxique, comparable en toxicité à l'acide cyanhydrique, d'après M. Schwartz (*Schweizerische medizinische Wochenschrift*, Jan. 8. 1925).

Du reste, des accidents nombreux, dont 11 mortels,

se produisirent au début de sa fabrication et les industriels intéressés furent amenés à prendre des mesures sévères pour éviter que de semblables faits se renouvellement.

L'opinion américaine s'émut à ce moment et plusieurs grandes villes interdirent l'usage de l'essence contenant ce produit.

Des recherches patientes et très bien conduites furent entreprises pour étudier la toxicité de cette substance ou de l'essence à laquelle on en avait ajouté une partie. Elles portèrent également sur les dangers qui pouvaient menacer la santé des habitants des villes amenés à respirer les gaz d'échappement des moteurs utilisant ce carburant.

A la demande des fabricants, le Bureau des Mines américain effectua de nombreuses expériences.

De plus, une commission fut nommée aux Etats-Unis et des médecins et des chimistes distingués en firent partie pour apporter un complément d'information sur cette question.

Des travaux particuliers importants, surtout de Flinn, Eldrige et A. Kehoe, contribuèrent également à éclairer cette étude.

En Angleterre, lorsqu'il fut question d'introduire le tétraéthyle de plomb et d'en permettre la fabrication, une Commission fut chargée de donner son avis.

Enfin, en France, fut constituée une Commission,

sous l'instigation du Conseil Supérieur d'Hygiène, auquel le Ministre du Travail, de l'Hygiène et de la Prévoyance Sociale avait posé la question de savoir si l'utilisation du tétraéthyle de plomb était susceptible de présenter des inconvénients au point de vue de la santé publique. Elle était composée des docteurs Brouardel, Huber, Saquepée, Tanon et Bordas, rapporteur.

Ces diverses Commissions ont donné leur avis dans différents rapports auxquels il convient d'ajouter le rapport du Bureau des Mines Américain et les publications dans lesquelles les auteurs mentionnés plus haut ont consigné les résultats de leurs recherches.

Les opinions émises n'ont pas toujours été concordantes. Des avis diamétralement opposés ont été donnés et il faut bien dire que la question est loin d'être tranchée.

Après les conclusions données par les Commissions américaine et anglaise, la fabrication du tétraéthyle de plomb a été autorisée dans ces pays et les villes américaines qui avaient interdit son usage levèrent cette interdiction.

Signalons que la Suisse, à la suite de divers articles parus dans la presse et dans des ouvrages médicaux a interdit l'usage et la fabrication du tétraéthyle de plomb sur son territoire.

En France, ce produit est peu employé, mais sans doute, devant les avantages que possède le tétraéthyle

de plomb, le moment viendra où l'usage en sera courant.

Le rapporteur de la Commission française, M. Bordas, a publié un mémoire, dans les Annales d'Hygiène, Juin 1930, sur ce sujet. Sa conviction est que ce corps est dangereux pour la santé publique. Ce danger résiderait dans le fait que les gaz d'échappement des moteurs contiennent des poussières de plomb et que leur inhalation peut, contrairement à l'opinion émise aux Etats-Unis et en Amérique, provoquer des accidents d'intoxication.

C'est surtout sur l'étude de ce point particulier qu'a porté notre travail. L'air de nos villes est en effet pollué par une quantité de poussières de toutes sortes, et ce seul fait constitue déjà une menace suffisante contre la santé des habitants, sans qu'il soit besoin d'y ajouter une autre menace non moins grave, l'intoxication par le plomb.

Pour bien faire saisir l'intérêt de cette question, il nous faudra, en traits rapides, définir les antidétendants, faire l'historique du tétraéthyle de plomb et rappeler ses propriétés et sa toxicité.

DÉFINITION DES ANTIDÉTONANTS

Les moteurs à explosion qui actionnent les automobiles et les avions sont alimentés par un mélange d'essence pulvérisée et d'air. Ce mélange est aspiré dans une chambre à explosion, l'un des cylindres, et enflammé par une étincelle électrique qui jaillit entre deux électrodes au moment voulu.

Dans les moteurs dits à quatre temps, cet allumage se produit à la fin du deuxième temps, c'est-à-dire à l'instant où le piston ayant comprimé le mélange combustible vers la partie supérieure du cylindre, commence à redescendre.

Pratiquement, ce n'est pas à ce moment exact que l'étincelle survient. Pour des raisons trop longues à expliquer, on la fait jaillir un peu avant. On dit qu'il y a avance à l'allumage. Mais cette avance, qui doit suivre la vitesse du moteur, peut, lorsque le régime de ce moteur est lent, être excessive et il se produit un dandinement du piston autour de l'axe qui le lie à la bielle par suite des deux forces qui le sollicitent. Le chauffeur entendra cogner son moteur.

Le moteur peut cogner pour une autre raison : c'est lorsque des dépôts charbonneux déposés dans le cylindre sont portés à l'incandescence par la chaleur dégagée par la combustion. Ils produiront l'allumage du

mélange gazeux avant l'instant fixé. Ce phénomène est appelé auto-allumage.

D'après Dumanoir, Grebel et Aubert, la détonation serait également un phénomène d'auto-allumage, mais non plus par point chaud. Un excès de compression en serait la cause. La détonation résulterait d'une compression adiabatique très rapide et de la combustion qui en résulte.

Le rôle des antidétonants consisterait, d'après Dumanoir, dans une sorte de freinage de la vitesse d'inflammation, c'est-à-dire dans une régularisation de l'utilisation de l'onde explosive.

Pour d'autres auteurs, les antidétonants et en particulier le tétraéthyle de plomb, le plus actif d'entre eux, auraient pour rôle d'accélérer la combustion par la précipitation dans la chambre, de particules de plomb enflammées, mais les travaux de Mourin, Dufraisse et Chaux d'une part, ceux d'André Pignot, Aubert et Villey et les expériences de Dumanoir, ont conduit à écarter ces conclusions.

Les expériences de Dumanoir et Laffitte ont montré que lorsqu'on étudie la propagation de la combustion à l'intérieur d'un tube, on obtient la même vitesse de propagation de l'onde explosive que le mélange gazeux contienne ou non le mélange détonant.

MM. Moureu, Dufraisse et Chaux admettent la formation de peroxydes instables en phase liquide pendant la période de compression. L'effet des antidéto-

nants serait d'empêcher cette formation. Ces auteurs admettent l'action de ces peroxydes sur le déclanchement prématuré de l'onde explosive par le dégagement de chaleur qui résulte de leur décomposition au moment où la combustion est provoquée par l'étincelle de la bougie.

En ce qui concerne l'auto-allumage par points chauds, la présence de peroxydes instables rend ce mélange carburant inflammable pour une température inférieure à la température d'inflammation du mélange carburé normal.

Quoi qu'il en soit de ces théories, retenons que certains corps volatils dont le tétraéthyle de plomb, le penta-carbonyle de fer, etc., ont une action antidétonante très nette. Comme la tendance actuelle est d'augmenter le taux de compression dans les moteurs pour obtenir un meilleur rendement, on a été amené à faire un usage de plus en plus étendu de ces substances.

Il est néanmoins possible de se passer de ces corps volatils pour obtenir l'effet antidétonant. Dumanoir a montré qu'on y arrive en créant dans la chambre à combustion des discontinuités de section telles que lorsque l'inflammation arrive à leur niveau, il se produise une détente brusque qui détruit l'onde explosive si elle a pris naissance. On peut réaliser ces discontinuités de section en pratiquant sur le fond du piston à partir du point d'allumage et dans le sens de

la propagation de l'inflammation une série de gradins.

Il existe enfin toute une série d'hydrocarbures qui ont l'avantage de ne pas produire de cliquettement ou de cognement et de ne pas donner de fumées par le tuyau d'échappement. On a montré que ce sont les carbures aromatiques cycliques qui possèdent les meilleures qualités antidétonantes. Ils sont notablement plus lourds que les naphènes à point d'ébullition égal, ce qui permettrait de les déceler plus facilement. Le benzol, produit de la distillation de la houille serait le meilleur de la série ; c'est pourquoi on a proposé de l'employer en mélange avec les essences.

Enfin, il existe une autre source de substances antidétonantes. Grâce à un procédé que les Américains ont appelé cracking, il est possible en traitant les pétroles, d'obtenir des ruptures de molécules des phénomènes d'isomérisation, de polymérisation, etc., qui favorisent la formation de carbures éthyléniques, naphthaléniques et aromatiques.

C'est peut-être ce procédé qui permettra d'obtenir dans un avenir prochain, par traitement des résidus de la distillation du pétrole, des essences analogues au benzol et capables de supporter des compressions de l'ordre de 9 atmosphères.

A partir de ce moment, les antidétonants chimiques n'auront plus de raison d'être et la santé publique ne sera plus menacée.

LE TETRAETHYLE DE PLOMB

Le tetraéthyle de plomb est un liquide huileux, incolore, à odeur douceâtre. Son poids spécifique est de 1,62 à 15° centigrades. L'ébullition se produit à 200°. Il est volatil à la température ordinaire. Insoluble dans l'eau froide ou chaude, il est par contre soluble dans l'alcool, l'éther, le chloroforme et l'acétone. Les graisses et les huiles se mélangent avec ce produit. Exposé à l'air, il s'altère, car l'oxydation étant en jeu, le plomb tetraéthyle est transformé en oxyde de plomb et éthane.

Ce n'est qu'après de très longues recherches effectuées par Medgley et Boyd aux General Research Laboratories sur 33.000 produits différents, que ces auteurs ont adopté le tetraéthyle de plomb. Ce corps s'est montré le plus efficace, mais il est impossible de l'employer seul, car il donne un dépôt de litharge. Pour l'éliminer on a incorporé un produit chloré qui transforme la litharge en chlorure de Pb volatil, lequel est rejeté dans l'atmosphère. Après essai du tetrachlorure de carbone, puis du trichloroéthylène, on en est venu à utiliser le dibromure d'éthyle pour solubiliser

le plomb et les traces de bromure de plomb offrent paraît-il, l'avantage de lubrifier les cylindres.

Deux compagnies américaines, le Standart Oil Company et la General Motor Company se sont entendues pour former l'Ethyl Gasoline Company, laquelle est chargée d'organiser la fabrication et la vente de l'essence au plomb tetraéthyle.

La fabrication du plomb tetraéthyle comprend des opérations assez difficiles au point de vue de la chimie technique. Elles sont basées sur le principe suivant. On fait réagir un alliage de sodium-plomb sur du chlorure d'éthyle en présence d'un réducteur et d'un catalyseur. Le produit ainsi obtenu est ensuite distillé et condensé. On obtient du tetrachlorure de plomb brut et du chlorure de sodium. On soutire le premier et on le purifie en le distillant dans la vapeur d'eau. Le plomb tetraéthyle est ensuite recueilli dans un réservoir et mélangé de dibromure d'éthylène et de naphène hexachloré dans lequel on a dissous un colorant approprié.

Le fluide antidétonant ainsi préparé est composé de 54,5 % de plomb tetraéthyle, de 36,4 % de dibromure d'éthylène et de 9 % de naphène hexachloré.

Sa densité est de 1,79 à 20° centigrades. Il est complètement miscible à l'essence et ne s'en sépare pas par le repos.

Le plomb tetraéthyle appelé sous cette forme Ethyl Fluid, est transporté dans des fûts en acier de 50

gallons que l'on expédie soigneusement plombés de l'usine située à Washington aux différentes raffineries de pétrole.

Chaque raffinerie possède un mélangeur qui incorpore automatiquement dans l'essence la proportion requise de plomb tétraéthylé sans que celui-ci entre jamais en contact avec l'air.

La proportion d'Ethyl Fluid dans l'essence est d'environ 5,5 d'Ethyl Fluid, soit 3 cc de plomb tétraéthyle par litre. Ces proportions sont augmentées lorsqu'il s'agit d'essence pour l'aviation, dans ce cas, on ajoute de 8 à 11 cc de plomb tétraéthyle.

Actuellement, on s'efforce de fabriquer le plomb tétraéthyle par l'électrolyse.

TOXICITÉ DU TETRAÉTHYLE DE PLOMB

Au début de la fabrication du tétraéthyle de plomb, de graves accidents furent observés dans un certain nombre d'usines. Il y eut un nombre élevé d'ouvriers intoxiqués et onze de ces ouvriers succombèrent.

Ces accidents provoquèrent une vive émotion et plusieurs villes américaines, dont New-York, interdirent l'usage de ce produit.

Nous avons vu qu'à la suite des accidents, des Commissions furent formées, et des recherches entreprises. Nous allons examiner le résultat de ces recherches sur le tétraéthyle de plomb lui-même ou son produit commercial concentré : l'Ethyl Fluid.

Tout d'abord, examinons les faits cliniques.

M. Eldridge a résumé les observations faites par les médecins de la Compagnie du Pont, de Nemours, aux Etats-Unis d'Amérique. 28 cas d'intoxication ont été ainsi étudiés. Les symptômes les plus fréquents ont été :

Insomnie (28).

Chute de la T. A. (19).

Température au-dessous de la normale (19).

Anorexie et nausées (18).

Hyperacidité des urines (18).

Faiblesse générale (10).

Rêves bizarres et désagréables (11).

Vertiges et vomissements matinaux (10).

Perte de poids et maux de tête (7).

MM. Thomson et Schoenleber, d'autre part, ont publié des observations qui se rapportent aux cas mortels et graves enregistrés à la Compagnie Standart Oil de New Jersey.

Le premier symptôme que l'on remarque est une baisse générale frappante et notable de la tension artérielle (quelquefois 60 mm de Hg au-dessous de la normale, ainsi qu'une chute de la température (jusqu'à 34°7). Les pulsations suivent la marche descendante et atteignent jusqu'à 48 à la minute.

Il en résulte un très grand désordre cérébral avec insomnie, agitation intense, grande loquacité, hallucinations, titubation, sans aucun signe de paralysie ou de convulsions.

Puis l'agitation devient plus intense et le malade bondit hors de son lit, brisant tout et rugissant. L'auteur compare ces réactions à celles d'un alcoolique dans une crise de delirium tremens. La morphine, loin de calmer le patient, exagère au contraire son agitation. Le malade finit par mourir dans un état de profonde prostration.

Quelquefois, dans la période qui précède la mort, il arrive que la température monte jusqu'à 43°5. Ce fut

le cas d'un jeune homme robuste qui avait manipulé le plomb tetraéthyle pendant cinq semaines seulement et qui eut une agonie terrible.

Au sujet des lésions anatomo - pathologiques, MM. Norris et Getter ont pu donner quelques intéressantes précisions, puisqu'ils ont pu pratiquer l'autopsie de quatre jeunes ouvriers intoxiqués par le plomb tetraéthyle et morts dans une crise de délire.

Chose curieuse, les os ne contenaient pas une proportion élevée de plomb. Les organes qui en contenaient le plus étaient le cerveau et le foie. L'action élective du plomb tetraéthyle sur le cerveau est donc nette puisqu'on retrouve du plomb dans des proportions qui atteignent de 15,84 à 28,18 mmgr. Les poumons contenaient également du plomb en quantités considérables.

L'analyse chimique a permis à ces auteurs de retrouver à côté du plomb non volatil, la présence de plomb volatil, dans le cerveau de deux des sujets.

En France, un cas d'intoxication a été publié par MM. Heim de Balzac-E. Agasse et A. Teil. Ces auteurs ont constaté à peu près les mêmes symptômes signalés par les Américains.

Après les études cliniques, passons en revue les travaux expérimentaux.

D'après Eldridge du Chemical Warfare Service des Etats-Unis d'Amérique, le plomb tetraéthyle appliqué sur la peau rasée de l'abdomen (étude de 6 chiens)

agit directement sur la région intestinale, en donnant lieu à une colique saturnine aiguë suivie de diarrhée. L'abdomen reste tendu et le chien éprouve une sensation douloureuse prononcée à tout essai de palpation. Une dépression générale domine la situation, caractérisée également par d'autres symptômes qui se terminent fréquemment et rapidement par la mort.

La dose mortelle est de 0 cc 3 par kgr de poids du corps, établie pour les chiens exposés à une absorption cutanée. Chez quatre chiens, l'issue fatale est survenue 24 à 180 heures après l'application du plomb tétraéthyle. Néfaste pour les 4 chiens, le plomb tétraéthyle n'entraîna pas la mort des deux autres. De même, sur un lot de 11 cobayes, 3 survécurent. La dose mortelle pour les 8 cobayes perdus était de 0 cc 6 par kgr de poids. 12 à 60 heures parurent suffisantes pour déclencher chez les cobayes, les mêmes symptômes morbides, d'une gravité extrême.

L'inhalation expérimentale a été entreprise par Eldridge sur des groupes de 5 souris. Pendant l'inhalation qui durait chaque fois 10 minutes, les souris trahissaient un état d'agitation marquée, suivie d'abord d'une excitation intense, ensuite d'une dépression nerveuse, de tremblements et de convulsions. En moyenne 5 mgrs par litre d'air représentaient la dose d'inhalation mortelle.

Eldridge voulut se placer dans des conditions se rapprochant davantage de ce qui se passait dans

l'intoxication humaine, où les doses de poison se répétaient et se modifiaient. Il s'est servi d'un chien de 4 kgr 08. Chaque jour l'animal fut soumis à une application sur la peau de 0 cc 1 de plomb tetraéthyle. Après la douzième application, le chien se montra nerveux et déprimé. L'état ne cessa d'empirer pour atteindre son maximum vers la dix-huitième application. A ce moment, l'animal était chancelant et tremblant. Après trois autres applications, la mort mit fin aux souffrances du chien.

Cette action cumulative fut également recherchée par le même auteur au moyen de l'inhalation. 10 souris respirèrent chaque jour, pendant 10 minutes de l'air auquel on avait ajouté 0 mgr 05 de plomb tetraéthyle par litre. Du 14^e au 20^e jour, 5 souris périrent à la suite de ces inhalations.

Ces expériences établissent donc le grand danger que comporte la manipulation du plomb tetraéthyle, danger déjà malheureusement révélé par les accidents que nous avons relatés. Elles justifient les précautions minutieuses actuellement prises au cours de la fabrication et de la manipulation de ce produit.

TOXICITÉ DE L'ESSENCE ÉTHYLE

Nous étudierons non plus le produit pur, mais l'essence contenant une petite partie de tétraéthyle de plomb. Les Américains ont dénommé cette essence l'Ethyl gasoline ou essence éthyle. De nombreux auteurs ont signalé cette particularité que toute mention du plomb avait été soigneusement éloignée, évidemment dans le but de ne pas effrayer les hygiénistes. Mais il peut en résulter des inconvénients.

Il faut dire que cette essence ne contient jamais plus de 0,08 % de plomb tétraéthyle et qu'elle a été colorée en rouge. On a pris cette précaution en effet pour éviter qu'elle ne soit utilisée pour le détachage ou le nettoyage.

La toxicité de cette essence a été l'objet de travaux nombreux. De plus son usage continu donne lieu dans les moteurs à un dépôt important de plomb. Il en résulte un danger pour les mécaniciens appelés à effectuer des réparations sur ces moteurs.

Enfin, une proportion notable de plomb est présente dans les gaz d'échappement et le plomb est une cause possible d'intoxication pour les ouvriers des garages et pour le public.

Les études ont donc porté sur ces trois points.

- 1° Danger provenant du contact avec l'essence éthyle;
- 2° Danger auquel sont exposés les mécaniciens qui s'occupent des moteurs ;
- 3° Dangers provenant de l'absorption des dérivés du plomb présents dans les gaz d'échappement des moteurs.

Nous puiserons dans les rapports qui ont été mentionnés dans notre introduction et dans les travaux particuliers de MM. Flinn et Kehoe, pour examiner chacun de ces trois points.

a) DANGER DU CONTACT AVEC L'ESSENCE ETHYLE

C'est le danger que courent les employés des garages préposés au remplissement des réservoirs.

Des expériences effectuées par Flinn montrent que des animaux soumis à des applications cutanées d'essence éthyle absorbent du plomb et que le taux d'excrétion est inférieur au taux d'absorption. Il a été observé à plusieurs reprises que si pour une raison quelconque, l'un des animaux malades n'était plus soumis pendant quelques jours à l'action du plomb, il s'améliorait rapidement. Il est donc évident que son état, avant la période de repos, était dû à l'action du plomb. Ceci explique peut-être le fait que jusqu'ici, aux stations de remplissage ou dans les garages, aucun cas d'intoxication saturnine n'a été constaté.

Le temps qui s'écoule entre les périodes d'exposition au plomb peut être assez long pour permettre à l'ouvrier de rester en bonne santé apparente, quoi qu'il soit possible qu'il accumule du plomb et des années peuvent se passer avant que cette accumulation soit suffisante, ou avant qu'un changement se produise dans son métabolisme, pour qu'on puisse observer des symptômes suffisamment caractéristiques pour être attribués au plomb.

Ce qu'il faut retenir, c'est qu'il n'existe aucun doute d'après cet auteur, qu'une longue exposition au plomb est susceptible de provoquer une accumulation de plomb dans l'organisme et que cette accumulation constitue un danger d'empoisonnement toujours possible.

La Commission anglaise eut à répondre à plusieurs objections au cours des séances qu'elle tint à différentes reprises. Une seule objection fut retenue, ce fut celle de Sir Robert Robertson. La question était posée de la façon suivante. Dans l'essence Ethyle, l'essence peut s'évaporer et laisser du tétraéthyle de plomb pur. Par conséquent des éclaboussures d'essence éthyle sur la peau ne sont pas essentiellement différentes d'éclaboussures de tétraéthyle de plomb pur qui est reconnu être une substance très dangereuse à l'état naturel, c'est-à-dire non diluée.

De plus, le tétraéthyle de plomb pourrait être inhalé. Il serait immédiatement absorbé, et en raison de la

volatilité de ce produit, il est dangereux de permettre son emploi avec l'essence.

La Commission anglaise a jugé cette suggestion assez intéressante pour entreprendre des recherches sur la question et essayer d'établir la possibilité dans la pratique de troubles causés à l'organisme par l'inhalation de vapeurs de plomb tetraéthyle provenant de l'essence répandue.

Ces recherches furent-elles entreprises ? Nous n'en avons trouvé aucune mention dans la littérature médicale de ces deux dernières années.

Cela n'empêcha pas du reste cette Commission d'émettre un avis favorable à l'emploi de l'essence Ethyle en Angleterre.

En Amérique, l'étude de ce point fut englobée dans un ensemble de travaux ayant trait à la surveillance d'un grand nombre de travailleurs occupés dans les garages. On ne peut donc préciser si les ouvriers manipulant l'essence ethyle n'ont pas été soumis en même temps aux émanations des moteurs.

**b) DANGER QUE PEUVENT COURIR LES MÉCANICIENS
OCCUPÉS A LA RÉPARATION DES MOTEURS**

Malgré les efforts des fabricants américains, une notable partie du plomb provenant de l'essence Ethyle se dépose dans certains organes du moteur. Cette proportion est grande, puisqu'elle atteint 63 % du plomb total contenu dans l'essence.

Un moteur monté sur une voiture, qui aura accompli 30.000 kms dans l'année, aura brûlé au bout de ce temps 3.000 litres d'essence, en prenant pour base une consommation de 10 litres au 100 kms. Ces 3.000 litres d'essence Ethyle contiendront 3 kilos de plomb et sur cette quantité, 63%, soit près de 2 kilos seront déposés sur certains organes du moteur : tuyau d'échappement, etc., sous forme de sulfates, de chlorures ou de bromures. Il y a là un danger de saturnisme aussi grave que celui couru par les peintres employant le blanc de céruse. Ces faits ont été reconnus par les expérimentateurs du Bureau des Mines américain.

En ce qui concerne les expériences faites à ce sujet, il faut remarquer là encore, que les recherches américaines ont porté sur des employés de garages exposés aussi bien aux projections d'essence éthyle, qu'au plomb déposé dans le moteur et par surcroît aux gaz d'échappement qui stagnent dans les garages.

On retrouvera dans le chapitre suivant les résultats des expériences faites sur ces employés.

c) DANGERS PROVENANT DE L'ABSORPTION DES DÉRIVÉS
DU PLOMB PRÉSENTS DANS LES GAZ D'ÉCHAPPEMENT
DES MOTEURS

Les premières recherches furent effectuées par le Bureau des Mines des Etats-Unis à l'instigation d'un certain nombre d'industriels américains intéressés à

la fabrication du plomb tetraéthyle. Les études demandées furent commencées en 1925 (décembre). Une année plus tard, les résultats de l'expérimentation ont été publiés.

Les essais du Bureau des Mines portèrent sur l'essence ordinaire des moteurs, à laquelle on avait ajouté 3 cc de plomb tetraéthyle et 2 cc de dibromure d'éthylène ou de trichloréthylène (environ 0,04 p. 100 pour l'un et 0,06 pour l'autre).

Ces recherches étaient faites dans une chambre de 28 m³ à travers laquelle on faisait passer environ 850 cc. d'air par heure, en prenant soin de renouveler complètement l'air toutes les deux minutes. Nous verrons plus loin les critiques que comporte un tel dispositif.

Dans la chambre destinée aux expériences, 23 lapins, 15 cobayes, 4 pigeons, 8 chiens et 2 singes ont été installés pour être exposés, chaque jour, pendant 3 heures, aux gaz d'échappement produits par un moteur Delco. Un nombre égal de lapins et de cobayes, 3 chiens et 4 pigeons, ont été exposés à l'action du même agent toxique pendant six heures et à peu près la moitié de ce nombre de lapins, de cobayes et de pigeons furent gardés comme témoins, à titre de contrôle.

Les animaux que l'on supposait intoxiqués, ne présentèrent ni perte de poids, ni anémie, ni liseré saturnin, ni traces de plomb dans les tissus. Fait curieux,

les animaux d'expérience et de contrôle accusèrent presque la même mortalité.

Enfin, pour estimer le danger que peut faire courir l'inhalation des gaz d'échappement, une expérience d'inhalation et d'exhalation fut entreprise. Six hommes respirèrent les gaz par un masque à double valve qui permettait de collecter le gaz expiré. Il fut trouvé que du plomb inhalé, seulement 15 % était retenu. Les auteurs en tirent la conclusion que les quantités de plomb trouvées dans la chambre d'expérience sont négligeables et que le seul danger d'empoisonnement par le plomb à partir des produits de combustion semble être limité aux mécaniciens qui nettoient le charbon des moteurs. Encore, ce danger ne paraît-il pas dépasser celui des peintres qui se servent de peintures à base de plomb. Nous avons relaté cette remarque à propos des mécaniciens qui réparent les moteurs

Dans ces expériences, le contenu de l'air en plomb avait été réglé sur le chiffre d'oxyde de carbone admis comme représentant la limite au delà de laquelle, il peut y avoir danger d'intoxication. Cette teneur ne dépassa donc pas 0,015 à 0,025 pour cent et le chiffre du plomb n'alla pas au delà de 0,002 à 0,007 mgr par pied cubique (à peu près 0,25 mgr par m³).

A propos de cette quantité d'oxyde de carbone, Henderson fait la remarque suivante :

Ce chiffre est en effet la quantité maxima qui soit

tolérable en permanence dans un garage. Mais il est évident et nos investigations, de même que le rapport du Dr Ettore Ciampolini du New York Department of Labor sur les garages publics, le montrent suffisamment, que l'atmosphère dans ces endroits est souvent contaminé dans une mesure qui dépasse largement les 4 pour 10.000 tolérés. A présent, avec le système d'échappement en usage sur la majorité des voitures, il est tout à fait impossible de maintenir l'air des garages à un standart en accord avec les lois de l'hygiène en ce qui concerne l'oxyde de carbone. Pour la même raison, des employés de garage, même sur les bases fournies par le Bureau des Mines, seront exposés à des quantités de plomb plusieurs fois supérieures à celles rapportées dans ces expériences.

De plus, dans la chambre d'expériences, la ventilation extrêmement rapide a empêché le plomb de s'accumuler comme le fait se produit dans les garages ou dans les rues.

Drinker et Edsall qui rapportent cette remarque d'Henderson, font également les objections suivantes.

1° Les conditions de l'expérience ne furent pas toujours les mêmes. Déjà à la fin du quatrième mois, on modifia la teneur de l'air en plomb. La quantité qui avait été alors de 0,00043 par pied cubique fut augmentée et passa au chiffre de 0,002 et 0,0045. De plus, tous les animaux d'expérience ne restèrent pas exposés pendant le même laps de temps. Pour certains, le

temps d'exposition ne dura pas plus de trois semaines.

Enfin, ces auteurs font remarquer avec raison qu'il était improbable que les particules très fines de plomb suspendues dans l'air soient évacuées d'un garage de la même manière que les gaz d'échappement de la gazoline.

Ces résultats sont donc peu concluants et les expérimentateurs eux-mêmes le reconnaissent.

La Commission gouvernementale des Etats-Unis décida de rechercher les effets possibles du plomb sur les employés des garages ou sur les chauffeurs. Nous avons dit dans un chapitre précédent que d'après ces études, il est impossible de faire une séparation entre les diverses catégories d'employés. Tous ont pu être soumis à la fois aux projections de l'essence éthyle ou aux effets nocifs des gaz d'échappement. Voici l'analyse de ces recherches. Cinq groupes d'ouvriers furent soumis à cette étude.

a) Un premier groupe comprenait 36 chauffeurs n'utilisant que l'essence ordinaire.

b) Dans le second groupe, figuraient 77 chauffeurs d'automobiles employant l'essence éthyle depuis deux à trois ans.

c) Le troisième était composé de 21 travailleurs occupés dans les garages, dans les dépôts, sur les camions de livraison. Ces hommes manipulaient seulement l'essence ordinaire.

d) Le quatrième groupe englobait 57 ouvriers exé-

cutant le même travail que ceux du groupe précédent, mais employant l'essence éthyle.

e) Enfin, pour vérifier l'efficacité des méthodes, un dernier groupe comprit 61 ouvriers travaillant dans des usines où un danger d'intoxication par le plomb avait été reconnu.

Ces enquêtes furent poursuivies pendant une période d'environ 6 mois.

Chaque ouvrier fut l'objet d'un examen médical minutieux et on préleva un échantillon de sang et de matières fécales. Les examens des matières fécales furent entrepris par des chimistes spécialisés et leurs observations contrôlées par plusieurs techniciens. Enfin, l'examen médical fut pratiqué par 4 médecins.

Le dossier industriel de chaque ouvrier fut étudié et un examen approfondi portant principalement sur le dosage de l'hémoglobine, l'estimation des globules rouges, la tension artérielle, l'analyse des urines, de même que l'acuité visuelle.

Enfin, par une méthode spéciale, on détermina la force des fléchisseurs et des extenseurs de l'avant-bras.

Les résultats furent les suivants. Pour les ouvriers travaillant dans les garages et employant l'essence éthyle, les symptômes d'exposition au plomb furent trouvés plus nombreux que chez les ouvriers n'utilisant pas cette essence. Chez les chauffeurs, ces symptômes d'exposition au plomb furent trouvés les mêmes

dans les deux catégories. La Commission des Etats-Unis formula les conclusions suivantes :

1) Les conducteurs d'automobiles employant l'essence éthyle comme carburant dans lequel la concentration du plomb tetraéthyle n'était pas supérieure à 1 pour 1.300 d'essence en volume, ne montrèrent aucun signe précis d'absorption de plomb après exposition pendant deux années environ.

2) Les employés de garage manipulant et réparant les automobiles et les employés des dépôts d'essence peuvent présenter la preuve de l'absorption et la preuve de la rétention du plomb comme l'indiquent le plomb contenu dans les matières fécales et l'apparition de cellules pointillées dans le sang.

Dans les garages et dépôts où l'on emploie l'essence éthyle, la quantité d'absorption apparente et de rétention du plomb était quelque peu supérieure, mais l'effet était peu important, comparé à celui produit sur les ouvriers dans d'autres industries où il existe un grand danger d'intoxication par le plomb et pour les périodes d'exposition au plomb étudiées. Cet effet n'était pas suffisant pour produire des symptômes reconnaissables d'empoisonnement.

3) Dans les régions où l'essence éthyle a été le plus employée comme carburant pendant une période de deux ou trois ans, aucun cas certain d'empoisonnement n'a été découvert ni aucun cas de maladie résultant de l'emploi de l'essence éthyle.

Dans ces conditions, la Commission gouvernementale émit l'avis qu'il n'y avait pas lieu d'interdire la consommation de l'essence éthyle.

M. A. Kehoe, Professeur de Physiologie à l'Université de Cincinnati a également eu l'occasion d'examiner 164 personnes soumises à l'essence éthyle. 79 d'entre elles avaient travaillé d'une manière continue au contact de ce carburant, une période moyenne de 3 à 5 ans. Aucun cas d'intoxication ne fut relevé par cet auteur.

Il reste maintenant à étudier l'action possible des gaz d'échappement contenant du plomb sur les habitants des villes. Nous venons de voir que la Commission Gouvernementale considérait ce danger comme inexistant, puisque dans la région où cette essence était la plus employée, aucun cas d'intoxication n'avait été relevé.

Pourtant aux Etats-Unis, quelques auteurs, dont Flinn, attirèrent l'attention sur les dangers de déverser ainsi dans l'atmosphère des villes, déjà si insalubre, des quantités relativement élevées de plomb.

En Angleterre, on a vu qu'à la suite d'articles de presse parus dans différents grands journaux, et d'une interpellation à la Chambre des Communes, une Commission fut formée. Cette Commission siégea à plusieurs reprises et à chaque séance des chimistes et industriels qualifiés furent entendus. Quelques-uns déclarèrent n'être pas entièrement satisfaits par les expé-

riences qui avaient été faites aux Etats-Unis et émirent l'avis qu'il ne fallait pas risquer de compromettre la santé des personnes habitant les agglomérations par l'émission massive de fumées toxiques, l'air des cités étant déjà suffisamment pollué comme cela.

Malgré ces protestations, l'opinion américaine qu'étaient venus défendre les représentants de l'Ethyl Gasoline Company et Mr Leake, le Directeur du Service d'Hygiène américain, prévalut et l'usage et la fabrication du plomb tetraéthyle ne furent pas interdits, sous réserve que les mêmes précautions prises aux Etats-Unis dans les garages fussent toujours respectées.

On a vu que seule, la suggestion de Lord Robertson, portant sur les dangers de l'essence éthyle projetée sur les téguments ou inhalée fut retenue.

La Commission anglaise s'était également appuyée sur les expériences de la Royal Air Force, laquelle utilisait pour ses avions depuis plusieurs années de l'essence contenant du plomb tetraéthyle. Mr Pye rendant compte de ces expériences devant la Commission avait déclaré qu'aucun cas d'intoxication par le plomb n'avait jamais été observé, bien que sur des avions à grande vitesse, la proportion de tetraéthyle de plomb utilisée eut dépassé largement celle en usage pour les moteurs d'automobile. Les pilotes de ces avions ne montrèrent aucun symptôme d'intoxication saturnine.

Mais malgré l'ampleur de toutes ces expériences et leur évidente bonne foi, il est permis de se demander si les dangers signalés plus haut, par certains auteurs, n'ont pas été sous-estimés par ces différents expérimentateurs.

Car un pays, la Suisse, comme nous l'avons déjà signalé, a interdit l'usage de l'essence éthyle sur son territoire. Les hommes chargés de veiller sur la santé de leurs concitoyens dans ce pays, se montrèrent beaucoup plus sceptiques que les Commissions sus dites, de même que la Commission du Conseil supérieur d'hygiène française.

Le point qui paraît à cette dernière le plus susceptible de critique est celui qui a trait à la teneur de l'air en plomb aussi bien dans les garages où l'essence éthyle est utilisée que dans les rues des villes, où circulent les voitures qui emploient ce carburant.

Car de cette teneur de l'air en plomb dépend évidemment la quantité de plomb ingérée par les individus qui respirent cet air.

Or, cette question a été incomplètement étudiée par les chercheurs américains. Leurs résultats ne laissent pas d'étonner quelque peu et l'on pourra voir par la suite que ces résultats ne permettent pas de conclure dans le sens indiqué par ces expérimentateurs.

La quantité d'Ethyl Fluid ajoutée à l'essence est

d'environ 5,5 cc par gallon. Lorsqu'il s'agit d'essence pour l'aviation, la quantité est portée à 8 cc.

Pour l'automobile c'est donc environ 5,5 cc d'éthyl fluid, soit environ 3 cc de tetraéthyle de plomb par gallon de 3 litres 7852.

Or, d'après les expériences du Bureau des Mines américain, 37 % du plomb qui se trouve dans l'essence éthyle passe dans les gaz d'échappement sous forme de poussières, les particules les plus grandes tombant sur le sol, les plus fines demeurant suspendues dans l'air.

Nous voyons d'autre part dans le rapport du Bureau des Mines (tableau 21, page 45 du rapport), que 27 % au maximum des poussières de plomb sont retenues par les poumons des individus qui respirent les gaz d'échappement d'un moteur brûlant de l'essence éthyle.

A ce sujet, M. le Professeur Bordas, rapporteur de la Commission française, dit :

« Ces quantités sont loin d'être négligeables et nous
« ne partageons pas la quiétude des auteurs qui se basant sur les travaux de Legge et W. Coadly concluent
« qu'au-dessous de 5 mgr. de Pb. par 10 m³ l'intoxication n'est pas à craindre, même si l'expérience est
« prolongée indéfiniment. (M. Legge a depuis admis qu'il convenait d'abaisser cette limite à 3 mgr.)

« Nous ne partageons pas une telle opinion étant donné les phénomènes d'accumulation qui ont été signalés par tous les auteurs ayant étudié la question et les accidents occasionnés par le plomb tant en France

« qu'à l'étranger. Nous devons ajouter que les résultats
« ci-dessus sont en contradiction avec ceux publiés par
« Saito Joichiro in Arch. f. Hyg. 1912. Wallacu Wallin
« dans le Bulletin n° 3 du Mellon Institute nous mon-
« tre d'après Saito, que chez un homme soumis à l'inha-
« lation d'air chargé de céruse, 12 % du plomb se re-
« trouvent dans les bronches et 70 % en moyenne sont
« retrouvés dans le tube digestif.

« Dans un mémoire rédigé par M. Calingaert et l'E-
« thyl Gasoline Corporation, ce dernier nous fait savoir
« que c'est à tort que l'on a parlé de l'accumulation
« de plomb dans les poussières des rues dans les gran-
« des villes. M. Calingaert nous fait remarquer que si
« on admettait que nous serions submergés de poussière
« de plomb, comme nous le sommes par des pous-
« sières de charbon, cela supposerait que ces poussières
« ne seraient jamais enlevées, ni par le service de net-
« toyage, ni par la pluie. Un calcul même approxima-
« tif montrerait immédiatement que les quantités de
« poussières et d'ordures enlevées annuellement des
« rues d'une grande ville sont d'un ordre de grandeur
« beaucoup plus élevé que le plomb qui pourrait être
« déchargé par les autos si toutes employaient l'essence
« à base de plomb tétraéthyle.

« Nous ne croyons pas devoir insister sur la faiblesse
« de l'argumentation, et nous enregistrons seulement
« le fait que nous pourrions être enveloppés d'un mo-
« ment à l'autre d'une atmosphère plus ou moins ri-
« che en poussières plombiques ce qui doit évidemment
« se produire dans les rues très fréquentées.

« En effet examinons, grâce à un calcul très simple,
« la quantité de plomb qui pourrait être rejetée sur la
« voie publique si toutes les voitures utilisaient l'es-
« sence éthyle.

« Prenons comme exemple 1 km de l'avenue des
« Champs-Élysées, qui, de par une statistique parue
« il y a quelques années dans une revue périodique,
« représente un débit moyen de 7 voitures à la seconde

« aux heures d'affluence (débit évidemment beaucoup plus considérable à l'heure actuelle).

« Si chaque voiture consomme 10 litres d'essence aux 100 km. et si l'essence contient 1/1.000 en volume de plomb tetraéthyle, soit environ 1 gr. de plomb par litre d'essence, on voit qu'avec le débit ci-dessus de 25.000 voitures environ à l'heure, il sera consommé pendant 1 heure et sur 1 km. des Champs-Élysées 2.500 litres d'essence. Les tuyaux d'échappement des moteurs rejeteront donc 2.500 gr. de poussières de plomb et de 14 à 18 heures 10 kilos de plomb.

« Ce sont là des chiffres qui ne peuvent donner qu'une faible idée de la réalité. »

M. Zangge, de Zürich, a fait un calcul analogue. Il montre que pour une rue où circulent 2.000 voitures en moyenne dans la journée, il se déposera dans l'année 36 kilos de plomb « difficilement éloignables » sur un kilomètre de cette rue, soit 36 gr. par mètre.

Dans les rues étroites à circulation intense comme la rue Montmartre, où nous avons pu compter 570 voitures de 2 h. 20 à 3 heures moins vingt, c'est-à-dire à une heure où l'affluence a déjà diminué, la quantité de plomb qui serait abandonnée par les moteurs serait également importante. Si l'on admet le passage de 20.000 voitures dans cette rue au cours de la journée, on arrive à une quantité de poussières de plomb de l'ordre de 1 gr. 300 de plomb par mètre et par jour.

Ces quantités de plomb déversées sont-elles suffi-

santes pour élever le taux de plomb dans l'air respiré à un chiffre capable de déterminer des accidents ?

D'après Sir Thomas Legge, la limite de plomb tolérable dans les industries où existe un danger de saturnisme doit être de 3 mgr. de plomb dans 10 m³ d'air, soit 0,3 mgr. par m³.

Or, au cours des débats de la Commission anglaise, le Dr Myle Caplan fit observer qu'un homme se tenant dans une atmosphère constituée en partie par des gaz d'échappement provenant d'automobiles utilisant l'essence éthyle, conditions qui peuvent être réalisées dès maintenant dans les rues de Londres, cet homme, disons-nous, respire 0,5 mgr. de plomb par heure ; à quoi Sir Charles J. Martin, professeur de Pathologie expérimentale à l'Université de Londres, objectait, que pour inhaler une telle quantité de plomb, l'habitant dont il s'agit devait absorber au même moment 300 cc. d'oxyde de carbone, ce qui saturerait la moitié de ses globules sanguins.

On retrouve ici l'erreur déjà commise par le Bureau des Mines américain et relevée par Drinket et Edsall. Sir Charles J. Martin admet ici en effet qu'une suspension de poussières possède les mêmes qualités de diffusibilité qu'un gaz tel que l'oxyde de carbone. Cet auteur ajoute qu'il faudrait rester dans le centre du trafic pendant 6 heures pour absorber les 2 milligrammes de plomb qui, de l'avis d'une per-

sonne faisant autorité en matière de saturnisme, représentent la limite pour un jour de travail.

Mais si les chiffres donnés plus haut par Sir Legge sont justes, cette quantité de plomb doit être beaucoup moins importante.

En effet, chaque inspiration apporte dans notre poumon environ $1/2$ litre à $3/4$ de litre d'air (air courant) suivant l'exercice ou les besoins. Si l'on compte une moyenne de 16 aspirations par minute, cela représente $1\text{ m}^3\ 1/2$ en l'espace de 6 heures. Avec la teneur limite de l'air en plomb de Sir Legge, soit 0,3 mgr. par m^3 , cela nous donne une quantité de plomb, non plus de 2 mgr. mais de 0,4 mgr. Au-dessus de cette dose, il peut y avoir danger d'accumulation.

De plus, cette station prolongée de 6 heures dans un endroit à circulation très dense et indiquée par Sir Martin comme un chiffre record, n'est pas pour nous surprendre tellement.

Nous avons vue des fumées épaisses de gaz d'échappement pénétrer dans des cafés et y demeurer très longtemps.

Les expériences réalisées aux Etats-Unis pour évaluer la quantité de plomb contenue dans l'atmosphère ont donné des résultats inconstants. Dans certains cas, on n'a pu déceler une seule parcelle de plomb dans l'air. C'est qu'en effet cette recherche

est très délicate, comme toutes les recherches qui ont trait à l'étude des poussières dans l'air.

Ces fines particules de plomb contenues dans les fumées qui s'échappent des moteurs ne diffusent pas comme le ferait un gaz. Elles ne tombent pas non plus immédiatement sur le sol. Elles vont flotter quelque temps dans l'atmosphère.

Ici nous rejoignons un problème d'un très haut intérêt, celui des poussières atmosphériques et des fumées et nous allons passer en revue toutes les acquisitions qui ont été faites sur ce sujet au cours de ces 50 dernières années.

ÉTUDE DES POUSSIÈRES EN SUSPENSION DANS L'ATMOSPHÈRE

LES AÉROSOLS

Dans un travail paru dans les *Annales d'Hygiène* 1926, sur les fumées et poussières, M. le Dr Bordas retrace l'historique des travaux qui ont conduit à nos conceptions actuelles sur cette question.

C'est à un savant français, Coulier, professeur au Val-de-Grâce, que sont dues les premières découvertes importantes ayant trait aux fines particules en suspension dans l'air.

Dans un travail publié dans le *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 1875, t. XXII, p. 165, et intitulé : Note sur une nouvelle propriété de l'air, Coulier faisait état de recherches entreprises par lui et présentant le plus haut intérêt.

Mais laissons l'auteur lui-même relater les faits. Le contenu de sa note est si important et forme un ensemble si cohérent, que nous avons jugé utile de le reproduire en entier.

« On sait que lorsqu'une quantité d'air saturée de
« vapeurs d'eau est raréfiée brusquement, une partie de
« cette vapeur se précipite sous forme de brouillard par

« suite de l'abaissement de température. Pour rendre
« cette expérience plus visible, j'ai fait construire un
« large tube de zinc, de 3 m. environ de longueur et
« terminé par des glaces. En introduisant un peu d'eau
« dans cet appareil et en comprimant légèrement l'air
« qu'il contient, il suffit d'ouvrir un robinet placé sur
« le côté du tube pour que la décompression se pro-
« duise. A ce moment un nuage de fumée se forme et
« il est assez opaque pour qu'on ne puisse plus voir le
« contour de la flamme d'une bougie.

« En répétant cette expérience à plusieurs jours d'in-
« tervalle, je m'aperçus qu'elle était capricieuse et que
« souvent, elle ne réussissait pas. C'est pour rechercher
« les causes de cet insuccès que j'ai entrepris les expé-
« rience dont je vais dire quelques mots.

« Le phénomène de la précipitation de la vapeur
« d'eau dans une atmosphère qu'on raréfie présente une
« particularité qui permet de l'étudier plus facilement.
« On peut, pour le produire, provoquer dans l'air sa-
« turé une compression momentanée qui ne dure qu'un
« instant très court. Le brouillard se produit immédia-
« tement au moment de la décompression. L'appareil
« suivant est fort commode pour ce genre d'expérience.
« Il se compose d'un flacon de 1 à 2 litres, à 3 tubulaires
« (A fig. 1). La première D est munie d'un robinet et
« se termine par un tube en caoutchouc. La deuxième
« C est dépourvue de robinet, mais le tube en caoutchouc
« se termine par une poire, de même matière, d'une
« capacité de 2 à 300 cc. La troisième tubulure reçoit
« un tube à robinet, terminée par une partie plus éva-
« sée, E, dont l'emploi sera indiqué plus tard. Enfin
« on laisse à demeure au fond du flacon environ 50 gr.
« d'eau distillée.

« Pour faire l'expérience, il suffit, lorsque les robi-
« nets sont fermés, de presser brusquement avec la main
« la poire en caoutchouc et de la laisser revenir sur elle-
« même. Au moment de la décompression, le flacon se
« remplit de brouillard.

« Ce brouillard est formé par des gouttelettes d'eau

« de diamètre variable, mais dont quelques-unes sont
« très visibles à l'œil nu quand elles sont éclairées vi-
« vement. Avec la loupe on les aperçoit très bien, en
« les projetant sur un fond noir. Elles sont aptes de
« mouvements rapides produits par des courants. Ces
« mouvements s'opposent à ce qu'on les étudie au mi-
« croscope. Pour obtenir des gouttelettes un peu gros-
« ses, on fait disparaître une partie du brouillard en
« comprimant à moitié la poire en caoutchouc. Dans ce
« cas, les plus fines particules sont dissoutes les pre-
« mières et les autres restent seules.

« Lorsqu'on regarde la flamme d'une bougie ou toute
« autre source lumineuse peu étendue en surface à tra-
« vers ce brouillard, on le voit s'allumer de couleurs
« disposées en anneaux dont la source lumineuse est
« le centre. Les couleurs varient avec la compression.
« On peut fort bien projeter ces anneaux sur un écran
« dont le centre est percé de manière à laisser passer
« le faisceau lumineux étroit qui vient de traverser le
« flacon rempli de nébulosités. Ces anneaux sont dus
« au phénomène des couronnes, étudiés par Young et
« Delezenne et bien connus des physiciens.

« Jusqu'ici on a expliqué la formation de ces nuées
« par la précipitation de l'eau due au refroidissement
« et cette explication a cours aujourd'hui dans la scien-
« ce. Voici cependant une expérience qui montre qu'elle
« n'est pas exacte. Si on abandonne le flacon à lui-même
« pendant quelques instants le phénomène ne se repro-
« duit pas. L'air reste parfaitement transparent dans
« les circonstances identiquement semblables en appa-
« rence à celles dans lesquelles il devenait nébuleux.
« On est obligé d'admettre, pour expliquer ce fait, que
« cet air a changé de composition et perdu un élément
« qui lui donnait la propriété de se troubler par décom-
« pression. Cet élément paraît soluble dans l'eau, car
« si on vient à agiter vivement pendant quelques mi-
« nutes un flacon rempli d'air actif, cet air devient inac-
« tif. Le même effet s'observe si on aspire plusieurs fois
« dans les poumons l'air du flacon.

« L'acide carbonique, l'oxygène et différents autres
« gaz sont sans action sur le phénomène. Quant à l'eau
« placée au fond du flacon, je n'ai pu déceler aucun prin-
« cipe nouveau. Le véritable moyen de faire l'expérience
« avec un flacon devenu inactif, consiste à chasser l'air
« qu'il contient et à le remplacer par de l'air extérieur
« puisé dans la chambre où l'on opère, ou au dehors.
« Immédiatement, le brouillard se reproduit.

« C'est alors que j'eus l'idée de faire une expérience
« qui me mit sur la bonne voie pour expliquer les faits.
« Si dans le tube E on place du coton modérément
« tassé, on peut filtrer l'air qui s'introduit dans le
« flacon. Pour cela on presse la poire en caoutchouc
« en ouvrant le robinet B.

« Une certaine quantité d'air sort du flacon. On a
« laissé rentrer en abandonnant la poire à elle-même
« et en manœuvrant les robinets de manière à ce qu'il
« soit obligé de passer par le tube contenant du coton.

« Dans ces circonstances, l'air introduit reste inactif.
« La filtration lui a enlevé la propriété de produire des
« nébulosités.

« Il m'a paru que la seule manière d'expliquer cette
« action remarquable du filtre était d'admettre que l'air
« à l'état normal renferme de fines particules d'un corps
« solide de nature inconnue et bien plus tenues que la
« poussière qu'un rayon de soleil fait apercevoir dans
« nos appartements. En admettant cette hypothèse, les
« faits s'expliquent avec facilité. Ces particules, en effet,
« doivent être arrêtées par un filtre. Abandonnées au
« repos pendant plusieurs heures, elles tombent au fond
« du flacon où elles sont fixées par le liquide. Enfin on
« s'explique pourquoi l'agitation du liquide dans le fla-
« con, ou l'inspiration dans les bronches, rend l'air
« inactif. Lorsque le gaz est parfaitement privé de corps
« en suspension et saturé de vapeur, une décompres-
« sion légère, comme celle dont il s'agit dans ces expé-
« riences, ne produit pas de nébulosités, parce que pour
« la formation de celles-ci, il faut que l'inertie du chan-
« gement d'état soit vaincue. L'air dans ce cas reste

« en quelque sorte sursaturé. Mais si au milieu de cet
« air flotte un corps solide, celui-ci par son contact pro-
« voque la liquéfaction de la vapeur et devient en quel-
« que sorte le noyau d'une vésicule ou d'une goutte-
« lette d'eau et le nuage prend naissance instantané-
« ment. Cette explication a servi de point de départ à
« d'autres expériences qui semblent la confirmer et
« dont quelques-uns méritent d'être cités.

« Si l'on introduit dans le flacon une petite propor-
« tion de fumée de tabac ou autre analogue, bien que
« cette fumée en raison de sa faible quantité ne trouble
« pas sensiblement l'air du flacon, elle le rend extraor-
« dinairement actif.

« Enfin, pour m'assurer que les poussières de l'air
« étaient bien la cause du phénomène, je puisai de l'air
« bien surchauffé dans une flamme non fuligineuse
« comme celle de l'alcool et brûlant avec excès d'air.
« Dans ma pensée, toutes les poussières devaient être
« brûlées et l'air devait être inactif, mais il n'en fut
« pas ainsi. L'air préparé de la sorte était au contraire
« bien plus actif que l'air ordinaire.

« En recherchant la cause de cet insuccès, je pus
« amener à penser que peut-être des particules solides
« s'échappaient incessamment de la flamme d'une lampe
« même lorsque les conditions les plus favorables à la
« combustion complète semblent réunies. Comme le
« corps solide en question ne saurait être en la circon-
« stance que du carbone très divisé, je fis l'expérience
« suivante pour m'assurer qu'il en était bien ainsi.

« On fit brûler des lampes non fuligineuses au-des-
« sous d'un entonnoir renversé dont la douille commu-
« niquait avec un tube dans lequel on avait tassé du
« coton. Enfin, au moyen d'une trompe de Deville, on
« aspirait l'air contenu dans l'entonnoir de manière
« à le forcer à passer au travers du tube de coton.

« Pour que cette expérience réussisse, il faut remplir
« deux conditions indispensables :

« 1° La température du coton ne doit pas s'élever
« assez pour qu'il commence à se charbonner.

« 2° Il faut que la flamme ne fume pas. On s'est
« assuré que la première condition était remplie en pla-
« çant dans le coton un thermomètre. La température
« n'a dans aucun cas dépassé 70° ; elle a donc toujours
« été insuffisante pour charbonner le coton.

« La deuxième condition est plus difficile à remplir.
« On s'est d'abord servi d'une lampe modérateur, brû-
« lant bien à blanc et à flamme très petite. On n'est
« jamais bien sûr que dans cette circonstance un cou-
« rant d'air accidentel ne permette pas à la flamme de
« dégager pendant un très court instant du noir de fu-
« mée.

« On a ensuite employé des becs de Bunsen à flamme
« bien aérée, et des lampes à alcool qui ne peuvent être
« fuligineuses.

« Les expériences duraient 16 à 48 heures.

« Le résultat a été le même pour toutes. Le coton
« s'est toujours plus ou moins coloré en noir ou en gris.
« La coloration était très forte avec la lampe à huile.
« Avec le bec Bunsen et la lampe à alcool, elle était
« moindre mais très facile à apercevoir. Cette colora-
« tion n'atteint que les premières couches de coton tra-
« versées par l'air. Il est même surprenant qu'une cou-
« che de coton modérément tassé et de 1 ou 2 cm. d'é-
« paisseur, forme un filtre assez parfait pour que les
« couches subséquentes conservent à peu près leur blan-
« cheur.

« Cette expérience me paraît démontrer que la flamme
« la moins fuligineuse, comme celle du bec de Bunsen
« ou de la lampe à alcool, laisse toujours échapper de
« fines particules de carbone. C'est ce carbone qui dans
« nos appartements se fixe, à la longue, à la partie du
« plafond qui se trouve au-dessus de l'endroit où on
« place ordinairement la lampe. Cette coloration se pro-
« duit même quand les lampes ne laissent pas dégager
« de noir de fumée apparent. Enfin elle explique pour-
« quoi l'air des appartements est plus actif le soir que
« l'air extérieur, et pourquoi dans une chambre éclairée
« par une lampe et dont l'air n'est pas agité, celui-ci

« a son maximum d'activité quand on le puise près du
« plafond.

« J'ai voulu me rendre compte approximativement du
« poids du corps étranger qui colorait ainsi le coton.
« Pour cela, on a fait des solutions titrées de terre d'om-
« bre ou d'encre de Chine et on a coloré des filtres en
« coton à l'aide de volumes connus de ces solutions, de
« manière à obtenir par tâtonnement la même teinte.

« Avec une goutte de solution de terre d'ombre au
« millième la teinte sur le coton était très faible, quoi-
« que visible ; avec deux gouttes elle était comparable
« à celle du filtre en coton, et avec trois elle était très
« très forte.

« Le poids de la matière colorante tenue en suspen-
« sion dans 2 gouttes de la liqueur est d'un dixième
« de milligramme. Si maintenant on admet que le fil-
« tre en coton a été traversé par de l'air actif pendant
« 24 heures et que la quantité d'air qui le traverserait
« en une minute aurait suffi pour rendre l'air du flacon
« nébuleux, on arrive forcément à conclure que la pous-
« sière qui peut rendre actif l'air contenu dans le fla-
« con pèse $0,1/1.440$ milligrammes. Le quotient est un
« chiffre décimal qui exprime en milligrammes le poids
« en question, et dont la cinquième figure seulement
« est communicative ; autrement dit, ce poids égale
« 7 fois un cent-millième de milligramme. Ces chiffres
« suffisent pour une approximation probablement au-
« dessous de la vérité et on s'explique ainsi que ces
« corpuscules tenus en suspension dans l'atmosphère
« échappent à nos yeux, même dans les conditions les
« plus favorables où nous pouvons nous placer dans les
« laboratoires. Ils expliquent également pourquoi cette
« poussière peut se maintenir à l'état flottant dans l'at-
« mosphère sans se précipiter vers le sol. En réalité,
« elle échappe pour ainsi dire à la pesenteur à cause
« de l'énorme surface que chaque parcelle présente par
« rapport à son poids.

« La nature de la poussière qui se trouve à l'état nor-
« mal dans l'air de Paris sur lequel j'ai opéré n'est pas

« connue. On peut présumer par analogie qu'elle est
« constituée par du carbone lancé incessamment dans
« l'atmosphère par la combustion.

« J'ai inutilement recherché un moyen de mesurer
« exactement la quantité de poussières tenue en sus-
« pension dans l'air extérieur. Il y a là pour la météo-
« rologie un problème intéressant à résoudre. Le meil-
« leur procédé consiste à faire toutes les expériences
« dans le même flacon et à observer la nébulosité en
« l'éclairant de la même manière. Une bougie allumée
« est fort commode pour cette expérience, car elle donne
« autour d'elle de larges anneaux colorés, en vert, rouge
« et violet, qui permettent par leur vivacité de compa-
« rer les nébulosités qui les produisent. Il m'a semblé
« utile de fixer avec un peu de cire à modeler sur la
« paroi du flacon une lentille très convergente (comme
« une demi-boule de lanterne magique). En plaçant la
« source lumineuse sur l'axe de la lentille et à une cer-
« taine distance, on aperçoit les rayons réfractés d'au-
« tant mieux que le brouillard est plus intense.

« J'ai fait de nombreuses observations avec cet appa-
« reil dans une cour entourée de vastes jardins près
« du Luxembourg. J'ai constaté que jamais l'air exté-
« rieur n'était inactif.

« En outre, et malgré l'insuffisance du procédé de
« mensuration employé, j'ai remarqué des différences
« d'intensité dans les nébulosités produites. Celle-ci est
« plus ou moins stable. Dans quelques cas, elle dispa-
« raît très vite : après huit ou dix décompressions elle
« n'existe plus ; les couleurs peuvent aussi faire com-
« plètement défaut. La pluie un peu continue et la neige
« m'ont paru diminuer la nébulosité. Il en est de même
« des bourrasques accompagnées de gros vent. Le brouil-
« lard modéré ne paraît pas augmenter la nébulosité
« de l'air.

« La diminution de la nébulosité par les grands vents
« semble indiquer que le mélange avec l'air de la cam-
« pagne ou celui des couches élevées de l'atmosphère
« diminue l'activité de l'air, aussi le 17 novembre, à

« quatre heures du matin, j'ai noté une nébulosité excessivement faible, à gros grains et ne donnant pas d'anneaux colorés. Le ciel était couvert et il y avait un ouragan violent depuis la veille au soir.

« En comparant les observations faites pendant l'hiver 1874 et cet été, il m'a semblé que pendant cette dernière saison l'air était relativement plus inactif.

« M. Mascart, qui a bien voulu répéter ces expériences et m'aider de ses conseils, a reconnu que des liquides autres que l'eau, tels que l'alcool, la benzine, etc... produisaient des effets semblables.

« Enfin, il a démontré que l'air fortement ozonisé dans un appareil de M. Paul Thénard, devenait très actif et dans ce cas le filtre en coton reste impuissant à le priver de cette propriété.

« Cet effet produit par l'air ozonisé ne peut s'expliquer actuellement. Il démontre que les conditions peuvent rendre l'air actif, et que cette activité bien que liée le plus souvent à l'action mécanique de corpuscules tenus en suspension, peut néanmoins se produire sous l'influence d'autres causes.

« En résumé, le fait de la présence de corps solides tenus en suspension dans l'air paraît certain. Il sera intéressant de l'étudier loin des villes et à différentes attitudes. »

Par cette belle série d'expérience, le problème des poussières suspendues dans l'air venait d'être singulièrement éclairé. Coulier est donc à ce moment convaincu de l'existence de ces particules. Un peu plus tard il publia une seconde note, également dans la *Revue de Pharmacie*, même année. Son opinion s'était quelque peu modifiée :

« Depuis la publication de ma dernière note, j'ai fait quelques expériences qu'il me paraît utile de faire connaître :

« 1° Si l'on introduit dans le flacon (fig. 1, p. 166)
« un fil fin de platine convenablement disposé, il suffit
« de le faire rougir pendant un moment très court pour
« que l'air du flacon devienne actif.

« 2° La flamme de l'hydrogène rend l'air actif. J'avais
« d'abord attribué cette propriété à la présence d'ar-
« senic, d'antimoine ou de charbon, accidentellement
« introduit dans le gaz ; mais en me servant de zinc
« et d'acide sulfurique purs, et en lavant le gaz dans les
« solutions de bichlorure de mercure, d'acétate de plomb
« et de nitrate d'argent, je n'ai pu enlever à la flamme
« qu'il produit la propriété de rendre l'air actif. La né-
« bulosité qui prend naissance dans un flacon m'a paru
« aussi forte dans ce cas que lorsqu'on se sert d'une
« flamme carbonée.

« 3° Lorsqu'on fait passer de l'air inactif dans un
« tube de verre entouré de clinquant (comme celui qui
« sert à dégager le gaz de l'appareil de Marsh et chauffé
« modérément, cet air devient actif.

« 4° L'oxygène, l'azote (préparé par le phosphore) et
« l'hydrogène deviennent actifs lorsqu'on les chauffe.
« Toutefois, pour ce dernier gaz, tout l'appareil doit
« être purgé d'air pour éviter les explosions, et la né-
« bulosité disparaît presque aussitôt qu'elle est pro-
« duite, tandis que pour l'air et ses composants, elle
« persiste assez longtemps.

« 5° Lorsqu'un gaz a été rendu actif, comme dans les
« expériences 2, 3 et 4, sa filtration sur du coton lui
« enlève cette propriété.

« Dans ma précédente note, j'avais cru pouvoir attri-
« buer l'activité de l'air à la présence des corps solides
« et il m'avait semblé que le seul corps solide qui pût
« s'échapper d'une flamme carbonée ne pouvait être
« que du carbone. C'est l'expérience remarquable et
« facile à reproduire de la filtration de l'air sur du co-
« ton qui m'avait conduit à faire cette hypothèse que les
« expériences relatées plus haut infirment. L'explication
« de ces phénomènes reste donc à trouver.

« On sait que les hygiénistes quand il s'agit de l'air

« chauffé de nos appartements, établissent une différence entre celui dont la température a été obtenue en mélangeant de l'air froid avec de l'air surchauffé, et celui dont la masse entière a été uniformément et modérément portée à la température voulue. Les expériences relatées plus haut montrent que dans ces deux cas, les propriétés physiques de l'air ne sont pas les mêmes. »

Aitken, qui poursuivait des recherches sur le même sujet, reconnut dans un article paru dans la « Nature » que Coulier avait le premier montré le rôle que jouent les fines particules de l'air dans la condensation de la vapeur d'eau. Il ajoute que les expériences relatées par Coulier dans sa seconde note ont très affaibli son opinion.

Nous avons vu en effet que Coulier ne put donner l'explication de ce fait qu'avec l'hydrogène et certains autres gaz, l'expérience de la condensation peut se produire sans qu'il soit obligatoire d'introduire une amorce dans l'appareil.

Aitken ne put pas non plus en donner une explication. C'est qu'à cette époque bien des propriétés des gaz n'étaient pas encore connues. C'est à un autre savant anglais qu'on dû la solution de ce problème. Townsend démontra que les bulles d'hydrogène préparé soit par l'action d'un acide sur un métal, soit par électrolyse, sont chargées électriquement. Si l'on fait passer ces bulles à travers une solution d'acide sulfurique, elles restent transparentes. Au contraire,

lorsqu'elles passent à travers un barboteur à eau, elles peuvent produire le phénomène de la nébulosité. Townsend en déduisit que dans une atmosphère maintenue à saturation d'humidité, les ions peuvent condenser la vapeur d'eau.

Cette découverte devait permettre de rendre les ions apparents. On put les photographier, étudier leurs trajectoires, faire le calcul de leur masse. L'existence des électrons, du gaz électron put être démontrée, Toman en calcula même la pression, la chaleur de vaporisation. On comprend donc tout l'intérêt de la découverte de Townsend.

Tyndall avait signalé déjà l'existence d'espaces sombres dans l'air. Les particules très fines flottant dans l'air peuvent être rendues évidentes par un mince pinceau lumineux pénétrant dans une pièce obscure. Tyndall montra que dans certaines circonstances, ce rayon lumineux n'éclaire sur une partie de son trajet aucune particule, d'où le nom d'espaces sombres de Tyndall donné à ce phénomène.

On discuta longuement cette question et Lord Raleigh, Krankland, Aitken et Sir Olivier Lodge s'évertuèrent à l'expliquer. Aitken découvrit la clef du problème. Pour lui les surfaces chaudes et humides repoussent les poussières et les surfaces froides et sèches au contraire les attirent.

Grâce à cette particularité, l'air expiré par les mineurs vivant dans une atmosphère très chargée en

poussière, n'est jamais optiquement vide. La température et l'humidité du tissu alvéolaire jouent un rôle de protection selon Aitken contre la pénétration des poussières dans le tronc pulmonaire.

Ceci nous explique que dans les expériences du Bureau des Mines Américain, l'air expiré par les ouvriers auxquels on avait fait inhaler des gaz d'échappement contenant des poussières de plomb, renfermait jusqu'à 82 % du plomb inhalé.

Lodge compléta cette explication en émettant l'hypothèse que le bombardement moléculaire du gaz entourant les particules agissait sur celles-ci et les repoussait.

Sous l'influence de la chaleur, le mouvement moléculaire augmente d'intensité et les particules de poussières reçoivent plus de chocs du côté chauffé que du côté plus froid.

Lodge croyait non seulement à cet effet cinétique de l'air ambiant sur les particules, mais admettait également que cet air pouvait s'électrifier et que les particules pouvaient ainsi être naturellement repoussées. Mais cela ne se montra vrai que pour des étincelles de haut voltage que Lodge fit éclater dans un récipient contenant des fumées de charbon. Les fumées étaient aussitôt dissipées. L'atmosphère du récipient devenait transparente. Il ne put ainsi expliquer par l'électricité le phénomène de Tyndall, mais il venait de découvrir un excellent procédé pour pré-

cipiter les matières solides se trouvant dans l'air. Ce procédé a été employé avec succès à la lutte contre les fumées industrielles et de nombreuses usines l'utilisent à l'heure actuelle.

Lodge ignorait au moment de ses expériences que les particules en suspension dans l'air ont des propriétés particulières bien étudiées par Gibbs. Cet auteur a montré que contrairement aux micelles d'hydrosol qui ont le même signe, les particules de poussières dans l'air sont presque toujours séparées. Gibbs a donné à cette forme particulière le nom d'aérosol. L'air est un très mauvais électrolyte. Il en résulte que l'on doit trouver dans un aérosol des particules chargées différemment. C'est ce qui explique que Sir Olivier Lodge ne put obtenir la précipitation des poussières qu'en employant un champ électrique excessivement intense.

Dans son livre « Clouds and Smokes » Gibbs nous a donné une étude complète des aérosols. Il s'agit d'une suspension dans l'air, de même nature que les suspensions colloïdales dans les liquides ayant des propriétés bien définies : *propriétés physiques* : volume et surfaces spécifiques, une activité incessante traduite par le mouvement brownien; *propriétés thermiques*: la plus remarquable est la précipitation thermique signalée par Aitken et qui s'explique par un bombardement moléculaire plus intense du côté le plus chaud. A ce sujet Gibbs déclare :

« Ce fait explique que dans les chambres chauffées
« par radiations directes, c'est-à-dire par un feu ouvert,
« les murs et les meubles de la chambre sont plus chauds
« que l'air. En conséquence, les poussières de l'air de-
« meurent en suspension. Au contraire, dans les cham-
« bres qui sont chauffées par convection, par chauffage
« central par exemple, l'air est plus chaud que les objets
« dans la chambre, ce qui fait que la poussière est dé-
« posée sur ceux-ci. Le dépôt de poussière est très
« prononcé sur les murs et les plafonds au-dessus d'un
« radiateur ou d'une lampe.

« Tolman a montré que la fumée de tabac qui passe
« à travers 2 tubes centrifuges, maintenus à une diffé-
« rence de température de 50 à 80°, sera déposée quan-
« titativement sur la surface froide. »

Les aérosols possèdent encore certaines propriétés optiques : réfraction, réflexion, diffraction produites par les nuages, phénomènes de résonance optique.

Dans un autre chapitre, Gibbs montre que sous l'influence de causes diverses, les particules de fumée subissent une véritable floculation. Des photographies d'échantillons de poussières recueillis avec des appareils comme celui d'Owen, nous permettent de voir des aggrégats d'une centaine de particules se formant au bout d'un temps plus ou moins long.

Enfin cet auteur nous indique les moyens dont nous disposons pour étudier les aérosols. Et ceci nous amène à parler des différents procédés qui ont été mis en œuvre pour étudier la teneur de l'atmosphère en particules solides. De cette teneur de l'air en poussières de toutes provenances dépend évidemment la question de sa salubrité.

Une bonne revue des méthodes employées pour l'étude des poussières atmosphériques a été donnée par Léonard Greenburg dans « Public Health Report », 1925, p. 765.

D'après cet auteur qui classe ces diverses méthodes suivant le principe physique qu'elles utilisent, on peut distinguer :

*1° Les méthodes basées sur le phénomène
de la condensation*

Elles découlent des expériences de Coulier que nous avons étudiées dans le détail. L'appareil de Aitken, le koniscope, le compteur de poussières du même auteur, enfin le compte poussières de Owen, dont nous nous sommes servi pour l'étude de l'air en différents endroits de Paris, sont basés sur ce principe.

Dans le konsicope d'Aitken, l'air est aspiré dans un tube métallique garni d'une substance hygroscopique pour maintenir l'air saturé d'humidité. Par aspiration on diminue la pression dans ce tube, et on observe, par une ouverture placée à l'extrémité, la formation d'un brouillard. On apprécie la densité de ce brouillard par comparaison avec une échelle étalonnée.

Dans le compte poussières de Aitken, les petites gouttelettes de brouillard ayant pour noyau une particule de poussière tombent sur un miroir d'argent

où elles peuvent être comptées. Trop encombrant, ce dispositif fut remplacé par un modèle plus récent et plus maniable. Dans ces appareils, il faut toujours diluer l'air avec de l'air filtré sur coton, le volume d'air étudié est toujours très faible. Les particules inférieures au $1/2$ millième de millimètre sont comptées avec cet appareil. Les chiffres obtenus sont 1.000.000 à 5.000.000 de particules par pouce cubique (19 cm³, 3) dans l'air ordinaire des villes. Cohen a trouvé pour l'air d'un cimetière, à Leeds, 3.668.000 particules et 3.113.000 pour l'air d'un moulin.

Sur le même principe est basé le diffractoscope de Hills (1917) qui apprécie approximativement la densité des poussières d'après la visibilité d'un rayon lumineux qui pénètre par une ouverture dans la chambre à air raréfié.

L'appareil de Owen provoque la condensation en projetant l'air chargé préalablement d'humidité à travers une fente de 1 cm. de longueur et 0,10 m/m de largeur sur une lamelle pour examen microscopique. Cet appareil est très bien adapté pour l'étude de l'air ordinaire.

2° Méthodes employant le principe de la filtration

Avec les méthodes précédentes il est impossible de préciser le poids des poussières en suspension dans un volume d'air déterminé.

Cela est rendu possible par la méthode de filtration. On peut employer du coton, des tissus. Mais de nombreuses causes d'erreur sont possibles : humidité, etc..., de plus, certaines poussières ne sont pas retenues.

On s'est servi également du papier filtre, qui a donné de très bons résultats. Le Advisory Committee on atmospheric pollution emploie un appareil automatique qui permet de faire 3 ou 4 prises par heure. Il permet donc de préciser à tout moment le degré de pollution de l'air.

Un procédé élégant consiste à filtrer l'air sur une couche de substance soluble. On a employé la soie au collodion que l'on dissout ensuite dans l'éther. Plus simplement on peut utiliser le sucre granulé. Un inconvénient réside dans la présence de poussières dans le sucre.

3° Méthodes par lavage

On fait barboter l'air dans de l'eau distillée. Tisandier a fait des recherches en se servant d'un appareil à boule de Liebig. Drinket et T.-A. Read se sont servis d'appareils plus compliqués. Ce dernier aurait pu obtenir 95 % des poussières silicieuses introduites dans une atmosphère artificielle. Mais le Bureau des Mines américains n'a pu obtenir que 13 % seulement.

4° *Par sédimentation*

Les poussières qui se déposent sont recueillies sur une surface plus ou moins étendue de porcelaine, de métal émaillé, qu'on peut enduire ou non de vaseline. Ces méthodes ne peuvent donner qu'une idée des quantités de poussières qui tombent.

Q.-C. et M.-C. Whiple, à Boston, se sont servis de seaux à surface vernie contenant 1 litre d'eau distillée. Après un certain temps, on pesait les poussières tombées sur la surface de l'eau.

On peut rattacher à ce principe la jauge d'Owen, récipient en verre qui recueille l'eau des pluies et les poussières. L'eau est analysée tous les mois. MM. d'Arsonval et Bordas se sont servis de cet appareil pour faire sur la composition des poussières contenues dans l'air parisien de très intéressantes constatations.

Une telle jauge placée pendant le mois de février 1925 au centre de Paris (Terrasse du Palais Royal) a permis de donner les résultats suivants. (Note à l'Académie des Sciences, séance du 22 mars 1926.)

L'analyse chimique des produits recueillis (0,916 soit 12 gr. 871 par m²) a donné :

Carbone	2 gr. 659
Hydrocarbures	1,824
H ₂ SO ₄ en SO ₃	2,432
Chlore	0,253
NH ₃	0,021

5° Méthodes recueillant les poussières par choc

Eddy, de Bouham et Weber, Kitze ont imaginé des appareils où les poussières sont lancées avec un volume d'air déterminé contre une surface au contact de laquelle les poussières tombent. Greenburg et Smith reçoivent le courant d'air sur une surface humide, puis le font barboter dans l'eau distillée.

6° Méthodes électrostatiques

Une électrode ionisante charge électriquement les poussières qui se transportent sur un tube métallique servant de deuxième électrode et entourant l'électrode ionisante. Des auteurs ont construit sur ce principe des appareils qui recueilleraient 100 % des poussières (Drinket et Thomson).

7° Méthodes utilisant la résistance

Une feuille de papier filtre est traversé par le courant d'air à étudier. La vitesse de ce courant d'air est maintenue constante. On contrôle la différence de pression qui existe entre les 2 faces du papier filtre au moyen d'un manomètre. Cette différence de pression varie avec la résistance du papier filtre à la pénétration de l'air et s'accuse à mesure que les poussières s'accumulent sur ce papier (Anderson et Armspach).

On voit par cet aperçu que les méthodes pour étudier l'air des villes sont très variées. Nous avons voulu faire l'essai d'une de ces méthodes pour évaluer la quantité de particules en suspension dans l'atmosphère et évaluer de cette façon la pollution de l'air. L'appareil d'Owen par condensation nous a servi dans ces mesures.

Les poussières recueillies sur une lamelle sont dénombrées au moyen du microscope. Il faut se servir d'un oculaire quadrillé et évaluer tout d'abord à un faible grossissement le nombre de bandes qui pourront couvrir la longueur de l'échantillon. Le dépôt de poussières sur la lamelle est figuré par une très mince ligne de poussières (la fente par laquelle l'air à étudier est aspiré a 1 cm. de longueur et 0,10 m/m de largeur). Lorsque le dépôt est assez important, cette ligne est visible à l'œil nu. Nous nous servions d'un objectif n° 3 et d'un objectif à immersion 1/15. Le rapport des grossissements entre ces deux objectifs avait été soigneusement étalonné par la Maison Nachet. Il était exactement de 10. Pour calculer le nombre des particules contenues dans un cm³, il fallait donc évaluer le nombre de bandes de ~~l'~~oculaire micrométrique contenues dans l'échantillon. Le chiffre obtenu avec l'objectif n° 3 était ensuite multiplié par 10 pour avoir le nombre de bandes pour l'objectif 1/15. Dans la majorité des essais nous avons trouvé 73 bandes pour le premier objectif, ce qui représente

730 bandes au fort grossissement. Il n'y avait plus qu'à calculer ensuite le nombre de particules figurant sur toute la longueur d'une bande. Le nombre obtenu était multiplié par 730 et le résultat divisé par 50. (L'échantillon d'air était de 50 cm³.) Cela donnait la quantité de particules par cm³.

Les divers échantillons prélevés à Paris ont donné les résultats suivants :

Luxembourg, 2 h. 1/2	803	partic. au cm ³
Boulevard du Palais, 4 h. 15....	1.367	—
Place du Chatelet, 4 h. 20.....	1.927	—
Boulevard Sébastopol, 4 h. 25..	1.036	—
Bd Sébastopol (Angle rue Réau- mur), 4 h. 35.....	1.109	—
Rue des Petits Carreaux, 4 h. 45.	1.235	—
Rue Montmartre (angle r. Réau, mur), 5 h.....	2.920	—
Rue Montmartre, 5 h. 15.....	2.024	—
Angle rue Drouot et Bd Hauss- mann, 5 h. 25.....	3.650	—
Angle rue Mogador et Bd Hauss- mann, 5 h. 40.....	4.015	—
<i>Id.</i> 5 h. 45.....	3.139	—

Ces chiffres sont assez éloignés de ceux obtenus pour l'atmosphère des villes anglaises par Aitken, et cités plus haut. Ils sont certainement au-dessous de la réalité et nous avons très souvent observé de nombreux amas de particules dans le champ du microscope. Il était impossible de fixer la quantité de fines particules qu'ils représentaient. Il faut dire que beaucoup d'auteurs n'ont pas retrouvé les quantités

annoncées par Aitken (1.000.000 à 5.000.000 de particules par pouce cubique [20 cc.] pour l'air de Glasgow). Expérimentant au sommet du Righi, en Suisse, on n'a pu obtenir plus de 3.400 particules au cm^3 par les temps les plus brumeux.

Le Bureau des Mines, faisant des recherches sur la valeur comparative de différents procédés d'évaluation des poussières a trouvé des chiffres de l'ordre de 2.000 particules à 20.000 dans une chambre où différentes poussières étaient pulvérisées dans l'air en quantités connues et maintenues en suspension grâce à un procédé spécial de brassage de l'atmosphère.

Il est donc difficile de comparer ces méthodes entre-elles. Mais il est intéressant de comparer les résultats obtenus avec le même appareil. Ce que nous montrent les mesures effectuées à l'aide du compte poussières de Owen, c'est que dans les rues étroites à circulation intense, l'air contient 3 fois plus de particules que dans les artères plus larges. Le jour de la prise des échantillons, il régnait du reste un vent assez fort ce qui expliquerait la faible quantité de poussières retrouvées.

Des essais que nous avons faits dans une chambre où se trouvait un peu de fumée de tabac, nous avaient donné des résultats à peu près analogues, 3 à 4.000 particules par cm^3 .

Déterminer exactement la teneur de l'atmosphère

en fines particules est une question très difficile, ce qui explique les résultats inconstants obtenus par le Bureau des Mines dans la recherche du plomb. L'appareil idéal serait celui qui recueillerait toutes les poussières. Or, 70 % de ces poussières ont moins de 1 ~~mm~~^µ de diamètre. Les méthodes par la pesée ne sont donc pas intéressantes, car elles ne tiennent compte que des grosses particules. Du reste, il est pratiquement impossible de séparer les poussières qui dépassent 10 ~~mm~~^µ et d'en déduire le poids du total recueilli. Il faut ajouter que pour le cas du plomb, ces grosses particules, très lourdes, retombent immédiatement sur le sol. Les méthodes par pesée ne peuvent donc mesurer la pollution de l'air en fines particules de plomb.

Mais les méthodes par numération, comme la méthode de Owen dont nous nous sommes servi, ne recueillent qu'une partie des particules, 65 % pour ce dernier appareil.

Seule, la méthode par précipitation électrostatique permettrait de précipiter la totalité des poussières.

Pour l'étude de la teneur en plomb de l'air d'un garage par exemple, il y aurait lieu de tenir encore compte des conditions de température. Nous avons vu que les surfaces chaudes et humides repoussent les particules. Or, les conditions de température n'ont pas été mentionnées dans les expériences du Bureau des Mines américain.

CONCLUSIONS

Notre étude a donc eu pour objet de démontrer que le problème de la recherche des poussières de plomb dans l'atmosphère des villes et des garages n'est pas aussi simple qu'on pourrait le penser de prime abord.

Les expérimentateurs américains, dans leurs évaluations, n'ont pas suffisamment tenu compte qu'il pouvait être captieux de comparer deux corps dont les propriétés physiques sont si différentes : l'oxyde de carbone qui est un gaz et les fines particules de plomb qui sont dans l'air sous forme d'aérosol.

L'atmosphère des grandes villes est déjà suffisamment polluée par les fumées de toutes sortes. Lancer dans cette atmosphère des quantités de plomb dont on ne peut prévoir les limites, c'est ajouter à ce danger une menace non moins grande.

Le plomb est un métal à action insidieuse et demandant de longues années avant de manifester ses effets pernicioeux. Toute la population sera susceptible d'être atteinte. Jusqu'ici les méfaits du plomb avaient été localisés dans les ateliers et les usines. Sous cette nouvelle forme, chaque automobile employant l'essence éthyle devient une petite usine dé-

versant du plomb finement pulvérisé dans les rues et les garages. Le vieillard et l'enfant, dont l'appareil respiratoire est si délicat, souffriront certainement plus que les adultes employés dans les établissements où il existe un danger de saturnisme. Et que dire des asthmatiques et des emphysémateux, dont l'état est déjà si aggravé par les brouillards de nos villes, brouillards qui vont en s'épaississant de plus en plus.

Les effets cumulatifs du plomb tarderont moins à se faire sentir sur les individus dont la résistance physique est diminuée. Ces sujets sont nombreux dans les villes.

On comprend donc la prudence de beaucoup d'hygiénistes et de certains gouvernements. Deux pays, grands centres touristiques, ont fait preuve de bon sens, la Suisse, en interdisant purement et simplement l'usage de l'essence contenant du tétraéthyle de plomb sur son territoire, et la France, en écoutant l'avis d'hygiénistes éminents dont les conclusions n'ont pas été favorables à l'introduction de ce produit dans notre pays.

Vu :

Le Président de thèse :

J. TANON.

Vu :

Le Doyen,

BALTHAZARD.

Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

S. CHARLETY.

BIBLIOGRAPHIE

- TYNDALL. — Discovery of Duste Free Spaces. Proc. Roy. Indust. VI, p. I, 1870.
- COULIER. — Note sur une nouvelle propriété de l'air. Journal de Pharmacie et de Chimie, p. 254, 1875.
- LODGE AND CLARKE. — Preliminary letter, Nature 20th July XXVII, p. 297, 1883.
- AITKEN. — Abstract January 1804.
- LODGE AND CLARKE. — Main paper with plate. Phil. Mag. March. 1884, on Proc. Phys. Soc. febr., 1884.
- LODGE. — Electrical Deposition of strest, p. 572. Journ. Soc. of Chem. Ind., n° 11, vol. II, nov. 29, 1886.
- BORDAS. — Mémoire couronné par l'Académie de Médecine, Prix Montyon, 1889.
- CROKES. — Repulsion of hot surfaces.
- AITKEN. — Main Paper with Plate Transc. R. D. Vol. XXXII, p. 239.
- DUCLAUX. — Traité de Bactériologie.
- TRILLAT. — Sur un appareil destiné à étudier la formation des brouillards. C. R. Ac. Sciences, p. 570, 1919.
- KROWLER. — Dust determination in air and gases. Transc. Amer. Soc. Heat and Vent., 1919.
- D'ARSONVAL-BORDAS et TOUPLAIN. — Purification électrique de l'air. C. R. Ac. des Sc., t. CLXX, p. 636, 1920.
- D'ARSONVAL et BORDAS. — Captage des poussières atmosphériques au moyen des courants électriques à haute tension (Congrès d'Hyg. et de Climatologie de Monaco, 1920, t. I, p. 52 et t. II, p. 196.)

- MASON (C.). — Journ. Labor and Chem. Med., Vol. 6, p. 427, 1921.
- ELDRIDGE (W.-A). — A Study of the Toxicity of Lead Tetraéthyl Report 29. Chim. Warf. Serv., oct. 1924.
- SAYERS, R.-R. FIELDNER, A.-C. YANT, W.-P. THOMAS, B. and McCONNEL. — Bureau of Mines Serial, n° 2661, 1924.
- DRINKER and EDSALL. — Journ. Indust. Hyg. 7.94, Febr. 1925.
- NORRIS and GETTLER. — Journ. Amer. Med. Ass. V. LXXXV, p. 818, 1925.
- A. HAMILTON-REZENKOFF and BURNHAM. — Tetraéthyl Lead. Journ. of. Am. Med. Ass. May 16 1925, vol. 84.
- VON FALLENBERG (Th.). — Travaux de Chim. Alim. et d'Hyg. publié par le Service Federal de l'Hyg. Publ. Fasc. I à II, p. 47, Berne 1925.
- Comparative tests of instruments for determining atmospheric dusts. Bureau des Mines Américain 1925.
- AIRAM (Elie-Benjamin). — Captage des Poussières de l'air. Thèse de Médecine de Paris, 1925.
- ZANGGE. — Danger de l'emploi du tetraéthyle de Plomb. Schweiz. Medizinische Wochenschrift, Janv. 8 1925.
- Revue des Méthodes pour recueillir les poussières de l'air. Leonard Greenburg. Public Health Record. T. XL, 1925, p. 765.
- KEHNE (R.). — Empoisonnement par le tetraéthyle de plomb. Journ. of the Am. Med. Ass., t. LXXXV, n° 2, 11 july 1925.
- Report to the General Service. Journ. Ind. Hyg., vol. 8, p. 248, 1926.
- FLINN (F.-B.). — Journ. Industr. Hyg. 8.51 Boston 1926. Some of the potential Health hazards from use of Ethyl Gasoline. J. Industr. Hyg. 8 : 51 Feb. 1926.
- SCHWARTZ. — Ethyl gas Schweizerische Medizinische Wochenschrift. 56-681-704 (July 17) 1926.

- BORDAS et d'ARSONVAL. — La Pollution de l'air à Paris. C. R. Acad. des Sciences, 1926.
- LEAKE. — Report of Investigations of Health Hazards from Tetraéthyl Lead in Gasoline. Treasury Dpt U. S. Public Health Serv. 1926.
- VAINSTIN. — Contribution à la lutte contre les poussières de Paris. Th. de Médecine, Paris 1927.
- Dr P. de BOISSEZON. — Quelques considérations sur le Problème des fumées dans les agglomérations industrielles. Ann. d'Hyg. Publ., t. V, janvier 1927.
- Fumées devant la Chambre des députés. Ann. d'Hyg. Publ., juin 1927, p. 321.
- La Protection de l'agglomération parisienne devant le Conseil municipal de Paris. Ann. d'Hyg. Publ., juin 1927.
- HEIM DE BALZAC (F.), AGASSE-LAFONT (E.) et TEIL (A.). — Intoxication par le tétraéthyle de plomb, antidétonant pour automobiles. Progrès Médic., 1928, p. 1275.
- ICHOK (G.). — Le plomb tétraéthyle. Revue d'Hygiène, 1928, p. 774.
- KOHN-ABREST et LORIET (M.). — Ann. d'Hyg. Publ., juillet 1930, p. 390.
- BORDAS. — Les Antidétonants organo-métalliques. Ann. d'Hyg. Publ., juin 1930.
- TANON. — Hygiène. Fumées. Revue médicale française, janvier 1930.
- JULIEN LE PARQUIER (Madeleine). — Thèse de Médecine de Paris, 1931.
-

LES PRESSES MODERNES

45, Rue de Maubeuge. 45

——— PARIS (IX^e) ———

